

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 59 910 A 1

51 Int. Cl. 7:  
F 24 F 3/14  
B 01 D 53/26  
B 01 D 53/22

21 Aktenzeichen: 100 59 910.9  
22 Anmeldetag: 1. 12. 2000  
43 Offenlegungstag: 20. 6. 2002

1

DE 100 59 910 A 1

71 Anmelder:  
Dornier GmbH, 88039 Friedrichshafen, DE  
74 Vertreter:  
Meel, T., Dipl.-Phys., Pat.-Ass., 88709 Meersburg

72 Erfinder:  
Wagner, Burkhard, 88094 Oberteuringen, DE; Rapp,  
Kurt, 71735 Eberdingen, DE; Hesse, Thomas, 70806  
Kornwestheim, DE

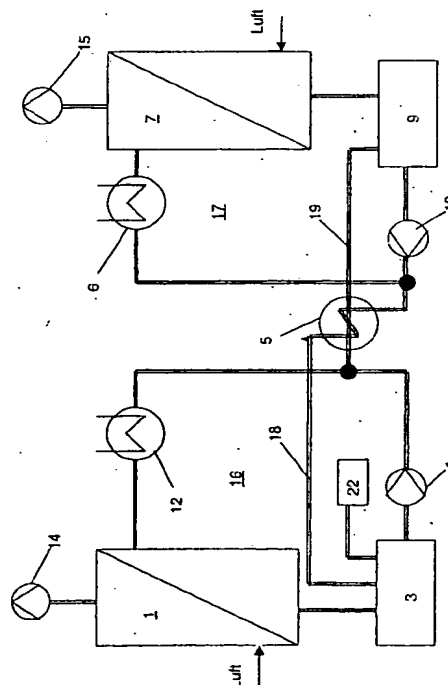
56 Entgegenhaltungen:  
DE 198 12 960 C1  
DE 196 39 965 A1  
DE 695 14 564 T2  
US 49 00 448

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur kontinuierlichen Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft von Fertigungsprozessen und Raumluftechnik-Anlagen

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft von Fertigungsprozessen und Raumluftechnik-Anlagen. Gemäß der Erfindung ist die Vorrichtung gekennzeichnet durch einen Membrankontaktor (1) mit einer Membran, wobei entlang der einen Seite der Membran die Zuluft und entlang der anderen Seite der Membran eine hygroskopische Flüssigkeit geführt werden kann. Weiterhin ist eine Dosiervorrichtung (22) zur Zugabe von Wasser zur Erhöhung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit sowie ein Regenerator (7) zur Erniedrigung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit vorhanden. Eine mit der Dosiervorrichtung (22) und dem Regenerator (7) verbundene Steuervorrichtung steuert den Wassergehalt der hygroskopischen Flüssigkeit, so dass abhängig von der Partialdruckdifferenz des Wasserdampfes zwischen Zuluft und hygroskopischer Flüssigkeit zwischen einer Befeuchtung und einer Entfeuchtung der Zuluft geschaltet werden kann.



DE 100 59 910 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Befeuchtung und Entfeuchtung von Fertigungsprozessen und Raumluftechnik-Anlagen.

[0002] Die als Zuluft für Fertigungsprozesse oder Raumluftechnik-Anlagen verwendete Druckluft wird üblicherweise über eine Festbettadsorption oder Gaspermeation getrocknet. Dagegen wird bei der Erdgasaufbereitung oder Gastrocknung in der chemischen Industrie die Entfeuchtung mittels Absorptionsprozessen durchgeführt. Hier werden Absorptionskolonnen eingesetzt, die vorwiegend mit hygroskopischen Glykol-Lösungen, z. B. Polyethylenglykol oder Triethylenglykol als Absorbermedium betrieben werden. In besonderen Anwendungen kommen Lösungen aus Lithiumchlorid (Kathabar-Verfahren) oder anderen anorganischen Salzgemischen als Absorbermedium zum Einsatz. Aufgrund der aseptischen Wirkung der Salzlösung werden diese Medien bevorzugt zur Luftkonditionierung in hygienisch sensiblen Bereichen (z. B. Krankenhaus, Pharmaindustrie, Nahrungsmittelindustrie) eingesetzt. Bei den Anwendungen sind häufig niedrige Taupunkte als Ziel und hohe Volumenströme charakteristisch.

[0003] In der Klimatechnik für die Komfortklimatisierung und für die meisten industriellen Fertigungsprozesse wird ein höherer absoluter Feuchtegehalt toleriert. Hier ist die thermische Aufbereitung – Kühlung und Kondensation – die am meisten verbreitete Technik zur Einstellung der gewünschten Luftfeuchte. Die bei der Kühlung und Kondensation frei werdende Wärme wird über einen Kälteprozess abgeführt. Die abgekühlte und entfeuchtete Luft muss oft anschließend auf die gewünschte Zulufttemperatur erwärmt werden. Neben dem hohen Energiebedarf für die Kühlung und Heizung, ist die Bildung von freiem Wasser auf der Wärmetauscheroberfläche von Nachteil. Sie kann erhebliche Fouling-Probleme in Klimatisierungssystemen verursachen. Bei einem erhöhten Schließungsgrad des Luftkreislaufes werden diese Probleme noch verstärkt.

[0004] Bei industriellen Fertigungsprozessen, die eine hohe Feuchtenbeladung der Luft bedingen (z. B. Lackieranlagen mit Wasserbasislack), ist die Entfeuchtung mit Absorbieren hinsichtlich der Aspekte der Energieeinsparung und mikrobiologischen Verunreinigungen von Vorteil.

[0005] Ein wesentlicher Nachteil der Verwendung von Absorberkolonnen ist jedoch der enge Arbeitsbereich, in dem sie sicher und effizient betrieben werden können. Es muss beispielsweise sichergestellt sein, dass eine gleichmäßige Kontaktierung der Luft mit dem Absorbermedium über die gesamte Austauschfläche gewährleistet ist. Außerdem müssen Kurzschlussströmungen vermieden werden. Darüber hinaus muss verhindert werden, dass Flüssigkeitströpfchen aus der Kolonne ausgetragen werden und mit der Zuluft in den Fertigungsbereich gelangen.

[0006] In herkömmlichen Systemen zur Befeuchtung von Gasströmen werden z. B. Sprühtürme eingesetzt. Hierbei wird der Gasstrom zunächst vorgeheizt, anschließend wird der zu befeuchtende Gasstrom durch den Sprühturm geleitet, wobei das Wasser im Gegenstrom verdunstet wird. Nachteilig erweist sich hierbei, dass Flüssigkeitströpfchen aus dem Sprühturm ausgetragen werden und mit der Zuluft in den Fertigungsbereich gelangen können. Weiterhin ist ein Betriebswechsel der Anlage zwischen Befeuchtung und Entfeuchtung nicht möglich.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft von Fertigungsprozessen oder Raumluftechnik-Anlagen zu schaffen, mit welcher ein Umschalten zwischen Befeuchtung und Entfeuchtung bei niedrigem Energieaufwand und

kompakter Bauweise möglich ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

[0009] Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung folgende Komponenten:

- einen Membrankontaktor mit einer Membran, wobei entlang der einen Seite der Membran die Zuluft und entlang der anderen Seite der Membran eine hygroskopische Flüssigkeit geführt werden kann;

- eine Dosiervorrichtung zur Zugabe von Wasser zur Erhöhung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit;

- einen Regenerator zur Erniedrigung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit;

- eine mit der Dosiervorrichtung und dem Regenerator verbundene Steuervorrichtung zur Steuerung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit, so dass abhängig von der Partialdruckdifferenz des Wasserdampfes zwischen Zuluft und hygroskopischer Flüssigkeit zwischen einer Befeuchtung und einer Entfeuchtung der Zuluft geschaltet werden kann.

[0010] Mittels des Membrankontaktors, der mit dem Regenerator in Strömungsverbindung steht, kann eine kontinuierliche Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft erreicht werden. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es ohne Austausch der Komponenten einerseits möglich, einen kontinuierlichen Betrieb zur Befeuchtung von Zuluft und andererseits einen kontinuierlichen Betrieb zur Entfeuchtung von Zuluft aufrechtzuerhalten und zwischen beiden Betriebsmoden umzuschalten.

[0011] Je nach Temperatur und Wassergehalt der hygroskopischen Flüssigkeit und der Zuluft ergibt sich zwischen der hygroskopischen Flüssigkeit und der Zuluft eine Partialdruckdifferenz für den Wassergehalt. Über die Steuervorrichtung kann die Temperatur und der Wassergehalt der hygroskopischen Flüssigkeit eingestellt werden. Ist der Partialdruck des Wassers in der hygroskopischen Flüssigkeit höher als der in der Zuluft, kommt es zu einem Austrag von Wasser aus der hygroskopischen Flüssigkeit und damit zu einer Befeuchtung der Zuluft. Ist andererseits der Partialdruck des Wassers in der hygroskopischen Flüssigkeit kleiner als der in der Zuluft, kommt es zu einer Entfeuchtung der Zuluft. Somit kann mittels einer Steuervorrichtung zur Temperatur- und Feuchtenregelung der hygroskopischen Flüssigkeit zwischen einer Befeuchtung und einer Entfeuchtung der Zuluft umgeschaltet werden.

[0012] Im Fall der Befeuchtung kann der Regenerator abgeschaltet werden, da hierbei keine Regeneration der hygroskopischen Flüssigkeit erforderlich ist. Damit wird ein geringer Energieverbrauch der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung sind der Membrankontaktor, die Dosiervorrichtung zur Zugabe von Wasser und der Regenerator in einen Kreislauf für die hygroskopische Flüssigkeit geschaltet. Vorteilhaft ist ein Wärmetauscher in den Kreislauf geschaltet, durch den die hygroskopische Flüssigkeit geleitet wird. Der Wärmetauscher kann die hygroskopische Flüssigkeit temperieren. Der Wärmetauscher kühlt die dem Membrankontaktor zugeführte hygroskopische Flüssigkeit und heizt parallel dazu die dem Regenerator zugeführte hygroskopische Flüssigkeit auf.

[0014] Die hygroskopische Flüssigkeit wird vorteilhaft innerhalb eines Kreislaufs mittels einer Pumpe durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gefördert.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung sind zwei Kreisläufe für die hygroskopische Flüssigkeit vorhanden. Der Membrankontaktor sowie die Dosiervorrichtung zur Zugabe von Wasser sind in den ersten Kreislauf geschaltet. Der Regenerator ist in den zweiten Kreislauf geschaltet. Somit kann im Fall der Befeuchtung der Zuluft der zweite Kreislauf, in den der Regenerator geschaltet ist, abgekoppelt werden, da in diesem Fall eine Regeneration der hygroskopischen Flüssigkeit nicht erforderlich ist.

[0016] Im ersten Kreislauf ist mindestens eine Zuleitung vorhanden, mit welcher aus dem ersten Kreislauf ein Teilstrom aus der hygroskopischen Flüssigkeit abgezweigt und dem zweiten Kreislauf zugeführt werden kann. Zusätzlich ist im zweiten Kreislauf mindestens eine weitere Zuleitung vorhanden, mit welcher aus dem zweiten Kreislauf ein Teilstrom aus der hygroskopischen Flüssigkeit abgezweigt und dem ersten Kreislauf zugeführt werden kann. Durch diese Zuleitungen kann somit ein Teil der hygroskopischen Flüssigkeit von einem Kreislauf in den anderen Kreislauf geleitet werden.

[0017] Vorteilhaft werden diese Zuleitungen durch einen Wärmetauscher geführt. Dieser Wärmetauscher heizt den von dem ersten in den zweiten Kreislauf geführten Teilstrom der hygroskopischen Flüssigkeit auf. Parallel hierzu kühlt der Wärmetauscher den von dem zweiten in den ersten Kreislauf geführten Teilstrom der hygroskopischen Flüssigkeit ab.

[0018] Stromaufwärts vor dem Membrankontaktor und/oder vor dem Regenerator ist zweckmäßig ein weiterer Wärmetauscher zur Temperierung der hygroskopischen Flüssigkeit geschaltet.

[0019] Der Membrankontaktor ist vorteilhaft mit einer mikroporösen (Porenweite  $0,1 \mu\text{m}$ – $0,2 \mu\text{m}$ ) hydrophoben Membran, z. B. Polytetrafluorethylen, Polypropylen, Polyvinylidendifluorid oder Polysulfon bestückt. Die Poren der Membran werden von der hygroskopischen Flüssigkeit nicht benetzt und bleiben weitestgehend luftgefüllt. Aufgrund der wesentlich schnelleren Diffusion in luftgefüllten Poren ergibt sich ein geringerer Transportwiderstand für hydrophobe Membranzustandstoffe als für hydrophile.

[0020] Die Membran innerhalb des Membrankontaktors definiert eine kontrollierte Austauschfläche zwischen der hygroskopischen Flüssigkeit und der zu konditionierenden Zuluft. Dadurch wird eine Phasendispersion der hygroskopischen Flüssigkeit und der Zuluft verhindert, was eine Phasentrennung ohne Schwerkrafteffekt ermöglicht.

[0021] Die Membran innerhalb des Membrankontaktors ist vorteilhaft als Hohlfaser ausgebildet und wird von der hygroskopischen Flüssigkeit durchströmt. Dadurch wird eine hohe spezifische volumenbezogene Austauschfläche, insbesondere von  $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$  bis  $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$  erzielt. Ferner kann durch die Ausbildung der Membran als Hohlfaser eine kompakte Bauart realisiert werden.

[0022] Die hygroskopische Flüssigkeit ist vorteilhaft eine hochkonzentrierte wässrige Lösung mehrwertiger Alkohole, z. B. Ethylenglykol oder Glycerin, oder eine hochkonzentrierte wässrige Salzlösung aus biozid wirkenden hygroskopischen Salzen, z. B. Lithiumchlorid oder Kathene. Dadurch wird verhindert, dass während der Befeuchtung und Entfeuchtung pathogene Keime in die Zuluft des Fertigungsprozesses oder der Raumlufttechnik-Anlage gelangen.

[0023] In einer vorteilhaften Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Lüftungskanälen für die Zuluft von Fertigungsprozessen oder Raumlufttechnik-Anlagen, insbesondere Lackieranlagen, kann der Membrankontaktor eine Vielzahl von Hohlfasern umfassen. Die Hohlfasern sind innerhalb des Lüftungskanals derart angeordnet, dass die Strömung im Lüftungskanal unter einem Winkel kleiner  $90^\circ$ , insbesondere zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$ , auf die Hohlfasern trifft.

[0024] Durch diese günstige strömungstechnische Anordnung der Hohlfasermodule innerhalb des Lüftungskanals durchströmt die Zuluft eine große Fläche der Hohlfasern. Dadurch wird der Druckverlust der Strömung im Lüftungskanal wesentlich reduziert.

[0025] In einer vorteilhaften Ausführung überdecken die Hohlfasern im wesentlichen den gesamten Querschnitt des Lüftungskanals.

[0026] Zweckmäßig können die Hohlfasern in Hohlfasermodule zusammengefasst werden, wodurch sich eine einfache Handhabbarkeit ergibt.

[0027] Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind:

- der nachträgliche Einbau in bereits vorhandene Lüftungskanäle ist möglich,
- die hohe Flexibilität im betrieblichen Produktionsablauf von Fertigungsprozessen oder Raumlufttechnik-Anlagen unter Vermeidung des Flutens oder Austrags von Absorberlösung mit dem Luftstrom,
- die keimfreie Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft,
- der Wegfall der Demister, die bei der konventionellen Befeuchtung mit Sprühregistern (z. B. Sprühturn) die in der Zuluft vorhandenen Tröpfchen ausfiltern,
- die Reinigung des Wäschers entfällt,
- die Feuchten- und Temperaturregelung in einem System wird möglich,
- die bei einer Kondensationsentfeuchtung erforderliche Nachheizung der Zuluft entfällt,
- eine kompakte Bauart,
- die Verhinderung von Fouling-Problemen,
- geringer Energieaufwand.

[0028] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann vorteilhaft in Lüftungskanälen von z. B. Lackieranlagen, Krankenhäusern, Produktionsräumen der Pharma- oder Lebensmittelindustrie eingesetzt werden.

[0029] Weitere vorteilhafte Ausführungen der Erfindungen werden im folgenden anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0030] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befeuchtung und Entfeuchtung mit einem Kreislauf für die hygroskopische Flüssigkeit,

[0031] Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befeuchtung und Entfeuchtung mit zwei Kreisläufen für die hygroskopische Flüssigkeit,

[0032] Fig. 3 die Strömungsverhältnisse in einem als Hohlfasermodule ausgebildeten Membrankontaktor in Kreuzstromführung,

[0033] Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die in einen Lüftungskanal integriert ist,

[0034] Fig. 5 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Energieeinsparung der Membranabsorption im Vergleich zur Kondensation für eine beispielhafte Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Lackierprozess.

[0035] Fig. 1 zeigt in einem ersten Ausführungsbeispiel die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Befeuchtung und Entfeuchtung von Zuluft, wobei der Membrankontaktor 1 und der Regenerator 7 in einen gemeinsamen Kreislauf geschaltet sind. Der Regenerator 7 kann z. B. ein Membrankontaktor, eine Füllkörperkolonne, ein Verdampfer oder als

Desorber ausgebildet sein.

[0036] Im Membrankontaktor 1 wird die zu konditionierende Zuluft mit der hygroskopischen Flüssigkeit kontaktiert. Dabei wird die Zuluft, z. B. Frischluft oder Umluft, mittels eines Gebläses durch den Membrankontaktor 1 über eine Membranseite geführt. Die Zuluft und die hygroskopische Flüssigkeit sind dabei durch die Membran getrennt. Ein Gebläse 14 transportiert die konditionierte Zuluft schließlich aus dem Membrankontaktor 1.

[0037] Stromabwärts nach dem Membrankontaktor 1 ist ein Puffertank 3 zur Bevorratung und Speicherung der hygroskopischen Flüssigkeit geschaltet. Eine Pumpe 4 transportiert die hygroskopische Flüssigkeit aus dem Puffertank 3 durch einen internen Wärmetauscher 5 und eine Heizung 6 zu dem Regenerator 7. Der interne Wärmetauscher 5 und die Heizung 6 heizen die hygroskopische Flüssigkeit auf die im Regenerator 7 zur Regenerierung erforderliche Temperatur auf. Als Heizmedium kann hierbei z. B. die Abwärme von Heizkraftwerken verwendet werden. Die hygroskopische Flüssigkeit wird üblicherweise auf eine Temperatur von ca. 50°C–70°C aufgeheizt.

[0038] Die erwärmte hygroskopische Flüssigkeit wird im Regenerator 7 in einer Kolonne, z. B. Füllkörperkolonne, verdüst und mit der im Gegenstrom durch den Regenerator 7 geleiteten Regenerierluft in Kontakt gebracht. Die Regenerierluft nimmt das Wasser aus der verdüsten hygroskopischen Flüssigkeit auf und wird mittels eines Gebläses 15 aus dem Regenerator 7 als Abluft transportiert.

[0039] Alternativ kann die Regeneration der hygroskopischen Flüssigkeit in einem Verdampfer erfolgen, in dem der Wasserdampf aus der hygroskopischen Flüssigkeit ausgetrieben wird. Dies stellt eine brauchbare Alternative dar, wenn aufgrund der betriebsspezifischen Randbedingungen preiswerter Heißdampf zur Verfügung steht.

[0040] Das durch die Regeneration konzentrierte hygroskopische Flüssigkeit gelangt im Regeneratorablauf 8 in einen weiteren Puffertank 9. Eine Pumpe 10 transportiert die hygroskopische Flüssigkeit im Absorbervorlauf 11 von dem Puffertank 9 durch den internen Wärmetauscher 5 und einen weiteren Wärmetauscher 12 in den Membrankontaktor 1, wodurch der Kreislauf geschlossen wird.

[0041] Im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befeuchtung der Zuluft wird der hygroskopischen Flüssigkeit Wasser zugegeben. Hierzu ist eine Dosiervorrichtung 22 vorhanden, welche Wasser in den Puffertank 9 zudosiert. Das Wasser kann ausschließlich in den Puffertank 3 oder alternativ in beide Puffertanks 3, 9 zudosiert werden. Weiterhin ist es aber auch möglich, dass das Wasser anstatt in einen Puffertank direkt in den Kreislauf geleitet wird.

[0042] Je nach Anwendungsfall der erfindungsgemäßen Vorrichtung dient der Wärmetauscher 12 und der interne Wärmetauscher 5 als Kühlung oder Heizung. Im Fall der Befeuchtung der Zuluft wird die hygroskopische Flüssigkeit in dem internen Wärmetauscher 5 vorgeheizt und im Wärmetauscher 12 auf die entsprechende Eingangstemperatur im Membrankontaktor 1 aufgeheizt. Im Fall der Entfeuchtung kühlt der interne Wärmetauscher 5 die hygroskopische Flüssigkeit vor und der dem Membrankontaktor 1 stromaufwärts vorgeschaltete Wärmetauscher 12 kühlt die hygroskopische Flüssigkeit auf die entsprechende Eingangstemperatur im Membrankontaktor 1 ab. Dabei ist unter einer entsprechenden Eingangstemperatur im Membrankontaktor 1 diejenige Temperatur zu verstehen, bei der sich in der Zuluft und der hygroskopischen Flüssigkeit eine Partialdruckdifferenz für den Wassergehalt derart einstellt, dass je nach Anwendungsfall eine Befeuchtung oder Entfeuchtung der Zuluft möglich ist.

[0043] Der Wärmetauscher 12 kann z. B. mit Kühlturm-

wasser, Oberflächen- oder Brunnenwasser energetisch optimiert betrieben werden.

[0044] Diese Verfahrensvariante zur Online-Regeneration ist besonders vorteilhaft bei einer hohen Feuchtenbeladung der dem Membrankontaktor 1 zugeführten Frischluft oder Umluft.

[0045] Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführung eines Verfahrensaufbaus der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befeuchtung und Entfeuchtung von Zuluft, wobei der Membrankontaktor 1 und der Regenerator 7 in zwei getrennte Kreisläufe, einen Absorberkreislauf 16 und einen Regeneratorkreislauf 17 geschaltet wird. Die beiden getrennten Kreisläufe sind durch einen internen Wärmetauscher 5 miteinander verbunden. Mit Hilfe der Mess-Steuer-Regeltechnik ist es möglich, die Temperatur, den Volumenstrom sowie die Konzentration des Wassergehalts in der hygroskopischen Flüssigkeit im Absorberkreislauf 16 und im Regeneratorkreislauf 17 getrennt voneinander einzustellen.

[0046] Die zu konditionierende Luft, z. B. Frischluft oder Umluft, wird wie in dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben durch den Membrankontaktor 1 geleitet.

[0047] Die hygroskopische Flüssigkeit wird in dem Absorberkreislauf 16 mittels einer Pumpe 4 durch den Membrankontaktor 1 gepumpt. Stromabwärts nach dem Membrankontaktor 1 ist ein Puffertank 3 sowie ein Wärmetauscher 12 geschaltet.

[0048] Im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Entfeuchtung muss die hygroskopische Flüssigkeit regeneriert werden. Hierzu ist im Absorberkreislauf 16 eine Leitung 18 vorhanden, welche einen Teilstrom der hygroskopischen Flüssigkeit aus dem Absorberkreislauf 16 durch einen internen Wärmetauscher 5 in den Puffertank 9 des Regeneratorkreislaufs 17 leitet. Gleichzeitig ist eine weitere Leitung 19 vorhanden, welche einen Teilstrom der regenerierten hygroskopischen Flüssigkeit aus dem Regeneratorkreislauf 17 durch den internen Wärmetauscher 5 in den Puffertank 3 des Absorberkreislaufs 16 leitet.

[0049] Der interne Wärmetauscher 5 dient zum einen der Vorheizung der dem Regeneratorkreislauf 17 zugeführten hygroskopischen Flüssigkeit. Zum anderen kühlt der Wärmetauscher 5 die hygroskopische Flüssigkeit, die aus dem Regeneratorkreislauf 17 in den Absorberkreislauf 16 geleitet wird.

[0050] Im Regeneratorkreislauf 17 transportiert eine Pumpe 10 die hygroskopische Flüssigkeit aus dem Puffertank 9 durch eine Heizung 6 in den Regenerator 7. Im Regenerator 7 wird die hygroskopische Flüssigkeit, wie in Fig. 1 beschrieben, verdüst. Die konzentrierte hygroskopische Flüssigkeit strömt anschließend in den Puffertank 9, wodurch der Regeneratorkreislauf 17 geschlossen wird. Die flüssigkeitsbeladene Regenerierluft wird mittels eines Gebläses 15 als Abluft aus dem Regenerator 7 abgeführt.

[0051] Im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befeuchtung der Zuluft, wird der hygroskopischen Flüssigkeit im Puffertank 3 über eine Dosiervorrichtung 22 Wasser zugegeben. Die mit Wasser verdünnte hygroskopische Flüssigkeit wird in dem Wärmetauscher 12 auf eine entsprechende Eingangstemperatur des Membrankontaktor 1 aufgeheizt und in den Membrankontaktor 1 transportiert. Im Membrankontaktor 1 wird das Wasser aus der hygroskopischen Flüssigkeit nahezu vollständig an die Zuluft abgegeben. Da während des Befeuchtungsbetriebes eine Regeneration der hygroskopischen Flüssigkeit nicht erforderlich ist, kann der Regenerator 7 abgeschaltet werden.

[0052] Fig. 3 zeigt beispielhaft die Strömungsverhältnisse in einem als Hohlfasernmodul ausgebildeten Membrankontaktor in Kreuzstromführung. Das Hohlfasernmodul zeichnet sich dadurch aus, dass die mikroporöse hydrophobe Mem-

bran als Hohlfaser ausgebildet ist. In einem Hohlfasermodule sind somit eine Vielzahl von einzelnen Hohlfasern zusammengefasst, wobei die Hohlfasern lumenseitig (im Inneren der Hohlfaser) von der hygroskopischen Flüssigkeit durchströmt werden. An der Membranaußenseite wird die zu konditionierende Luft vorbeigeführt. In der dargestellten Kreuzstromführung trifft die zu konditionierende Luft senkrecht auf die Hohlfasern auf.

[0053] In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Lüftungskanal dargestellt. Hierbei füllt der Membrankontaktor 1 flächhaft den gesamten Querschnitt des Lüftungskanals 20 aus. Der Membrankontaktor 1 umfasst eine Vielzahl von einzelnen Hohlfasermodule 21, die eine Vielzahl von Hohlfasern umfassen. Diese Hohlfasermodule 21 sind ihrerseits miteinander verbunden, so dass die hygroskopische Flüssigkeit in den Hohlfasern auf den ganzen Querschnitt des Lüftungskanals 20 verteilt wird.

[0054] Zur Reduzierung des Strömungswiderstandes im Lüftungskanal 20, werden die Hohlfasermodule 21 im Lüftungskanal 20 strömungstechnisch günstig angeordnet. Die Strömung im Lüftungskanal 20 trifft hierbei unter einem Winkel  $\alpha$  kleiner  $90^\circ$ , insbesondere zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$  auf die Hohlfasermodule 21 auf. Mit dieser Anordnung wird im Gegensatz zu einer senkrecht angeströmten Fläche der Hohlfasermodule 21 eine größere durchströmte Fläche gewährleistet. Dadurch kann zum einen ein besserer Austausch zwischen der Zuluft und der hygroskopischen Flüssigkeit stattfinden. Zum anderen wird durch diese Anordnung der Druckverlust der Strömung bei Durchströmen der Hohlfasermodule 21 reduziert.

[0055] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders geeignet für die Anwendung bei der Konditionierung der Zuluft in einem Lackierprozess im Fahrzeugbau. Hierbei ist es erforderlich, ein vorgegebenes Lackierbetriebsfenster in bezug auf Temperatur und relativer Luftfeuchte einzuhalten. Dies hat zur Folge, dass im Winterbetrieb die dem Prozess zugeführte Außenluft aufgeheizt und befeuchtet, bei sommerlichen Bedingungen jedoch gekühlt und entfeuchtet werden muss. Dieser Vorgang kann mittels der oben dargestellten Entfeuchtung durch Membranabsorption in Kombination mit einer Lufttemperierung erfolgen.

[0056] In Fig. 5 ist der Prozess der Entfeuchtung mittels Kondensation und der Prozess der Entfeuchtung mittels Membranabsorption, für einen bestimmten Außenluftzustand A und einen vorgegebenen Zielwert Z der Zuluft im Mollier-hx-Diagramm dargestellt. Zustand A und Zielwert Z sind im Mollier-hx-Diagramm für eine bestimmte Temperatur bei entsprechender Feuchte angegeben. Im Mollier-hx-Diagramm gibt h die Enthalpie in kJ pro kg trockene Luft und x den Wassergehalt in g pro kg trockene Luft an.  $\phi$  gibt die relative Feuchte der Luft in Prozent an.

[0057] Anhand von zwei Beispielen wird die Energieersparnis, die sich aus der Entfeuchtung mittels Membranabsorption gegenüber der Entfeuchtung mittels Kondensation ergibt, erläutert.

#### Beispiel 1

[0058] Außenluftwert  $A_1$  bei  $T = 27^\circ\text{C}$ :

$x_{\text{Außen}} = 20.6 \text{ g H}_2\text{O/kg tr. Luft } (\phi = 90\%)$

$h_{\text{Außen}} = 79.5 \text{ kJ/kg}$

[0059] Zielwert  $Z_1$  Zuluft bei  $T = 27^\circ\text{C}$

$x_{\text{Ziel}} = 14.7 \text{ g H}_2\text{O/kg tr. Luft } (\phi = 65\%)$

$h_{\text{Ziel}} = 63.6 \text{ kJ/kg}$

geforderte Luftmenge L: 150000 kg/h

[0060] Bei der Membranabsorption muss zur Entfeuchtung der Außenluft die Enthalpiedifferenz zwischen der Ent-

halpie  $h_{\text{Außen}}$  des Außenluftwertes  $A_1$  und der Enthalpie des Zielwertes  $Z_1$ , der Zuluft  $h_{\text{Ziel}}$  aufgewendet werden. Diese Enthalpiedifferenz  $\Delta h_{\text{Abs}}$  beträgt mit den angegebenen Werten  $15.9 \text{ kJ/kg}$ . Mit der geforderten Luftmenge L ergibt sich eine Energie von  $662.5 \text{ kW}$ , die erforderlich ist, um die Außenluft auf den vorgegebenen Zielwert  $Z_1$  der Zuluft zu entfeuchten.

[0061] Bei der Entfeuchtung durch Kondensation muss die Außenluft zunächst auf die Temperatur  $T_{\text{tau}}$  der Taupunktsunterschreitung abgekühlt werden. Dies entspricht einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  bei der Enthalpie  $h_{\text{tau}} = 57.9 \text{ kJ/kg}$ . Die Enthalpiedifferenz  $\Delta h_{\text{Kond}}$  zwischen der Enthalpie der Außenluft und der Enthalpie bei Taupunktsunterschreitung beträgt somit  $21.6 \text{ kJ/kg}$ . Mit der geforderten Luftmenge L ergibt sich somit eine Energie von  $900.0 \text{ kW}$ , die erforderlich ist, um die Außenluft auf den vorgegebenen Zielwert  $Z_1$ , der Zuluft mittels Kondensation zu entfeuchten.

[0062] Das bedeutet eine Energieeinsparung von ca. 26%. Diese Energieeinsparung wird umso größer je niedriger die Zielfeuchte ist.

#### Beispiel 2

[0063] Außenluftwert  $A_1$  bei  $T = 27^\circ\text{C}$ :

$x_{\text{Außen}} = 20.6 \text{ g H}_2\text{O/kg tr. Luft } (\phi = 90\%)$

$h_{\text{Außen}} = 79.5 \text{ kJ/kg}$

[0064] Zielwert  $Z_2$  Zuluft bei  $T = 27^\circ\text{C}$ :

$x_{\text{Ziel}} = 4.47 \text{ g H}_2\text{O/kg tr. Luft } (\phi = 20\%)$

$h_{\text{Ziel}} = 38.4 \text{ kJ/kg}$

geforderte Luftmenge L: 150000 kg/h

[0065] Bei der Entfeuchtung mittels Kondensation muss die Außenluft zunächst auf  $T_{\text{tau}} = 2^\circ\text{C}$  abgekühlt werden, was einer Enthalpie  $h_{\text{tau}}$  von  $13.3 \text{ kJ/kg}$  entspricht. Hieraus ergibt sich bei der geforderten Luftmenge L und der Enthalpiedifferenz  $\Delta h_{\text{Abs}}$  von  $66.2 \text{ kJ/kg}$  zwischen  $h_{\text{Außen}}$  und  $h_{\text{tau}}$  eine erforderliche Kühlenergie von  $2758.3 \text{ kW}$ .

[0066] Bei der Entfeuchtung mittels Membranabsorption reduziert sich diese Kühlenergie auf  $1712.5 \text{ kW}$ , wodurch sich gegenüber der Entfeuchtung mittels Kondensation eine Energieeinsparung von ca. 38% ergibt.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Membrankontaktor
- 3, 9 Puffertank
- 4, 10 Pumpe
- 14, 15 Gebläse
- 5 interner Wärmetauscher
- 6 Heizung
- 7 Regenerator
- 11 Wärmetauscher
- 16 Absorberkreislauf
- 17 Regeneratorkreislauf
- 18 Zuleitung von Absorberkreislauf in Regeneratorkreislauf
- 19 Zuleitung von Regeneratorkreislauf in Absorberkreislauf
- 20 Lüftungskanal
- 21 Hohlfasermodule
- 22 Dosiervorrichtung für Wasser
- A Außenluftwert
- Z Zielwert
- L Luftmenge
- $\alpha$  Winkel

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur kontinuierlichen Befeuchtung und Entfeuchtung der Zuluft von Fertigstellungsprozessen oder

Raumlufttechnik-Anlagen, **gekennzeichnet durch** einen Membrankontaktor (1) mit einer Membran, wobei entlang der einen Seite der Membran die Zuluft und entlang der anderen Seite der Membran eine hygroskopische Flüssigkeit geführt werden kann; 5  
eine Dosiervorrichtung (22) zur Zugabe von Wasser zur Erhöhung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit;  
einen Regenerator (7) zur Erniedrigung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit; 10  
eine mit der Dosiervorrichtung (22) und dem Regenerator (7) verbundene Steuervorrichtung zur Steuerung des Wassergehalts der hygroskopischen Flüssigkeit, so dass abhängig von der Partialdruckdifferenz des Wasserdampfes zwischen Zuluft und hygroskopischer Flüssigkeit zwischen einer Befeuchtung und einer Entfeuchtung der Zuluft geschaltet werden kann. 15

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kreislauf für die hygroskopische Flüssigkeit vorhanden ist, in den der Membrankontaktor (1), die Dosiervorrichtung (22) zur Zugabe von Wasser und der Regenerator (7) geschaltet sind. 20

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein in dem Kreislauf ein Wärmetauscher (5) geschaltet ist, welcher die vom Regenerator (7) zum Membrankontaktor (1) geführte hygroskopische Flüssigkeit kühlt und gleichzeitig die vom Membrankontaktor (1) zum Regenerator (7) geführte hygroskopische Flüssigkeit aufheizt. 25

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Kreisläufe für die hygroskopische Flüssigkeit vorhanden sind, wobei im ersten Kreislauf der Membrankontaktor (1) und die Dosiervorrichtung (22) zur Zugabe von Wasser geschaltet sind, und im zweiten Kreislauf der Regenerator (7) geschaltet ist, wobei mindestens eine Zuleitung (18) vorhanden ist, mit welcher ein Teilstrom aus der hygroskopischen Flüssigkeit im ersten Kreislauf abgezweigt und in den zweiten Kreislauf eingespeist werden kann, und mindestens eine weitere Zuleitung (19) vorhanden ist, mit welcher ein Teilstrom aus der hygroskopischen Flüssigkeit im zweiten Kreislauf abgezweigt und in den ersten Kreislauf zurückgeführt werden kann. 30

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetauscher (5) vorhanden ist, durch welchen die Zuleitungen (18, 19) geführt werden. 35

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran innerhalb des Membrankontaktors (1) eine mikroporöse, hydrophobe Membran ist. 40

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran als Hohlfaser ausgebildet ist, welche von der hygroskopischen Flüssigkeit durchströmt wird. 45

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerator (7) ein Membrankontaktor, eine Füllkörperkolonne oder ein Verdampfer ist. 50

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hygroskopische Flüssigkeit eine hochkonzentrierte wässrige Lösung mehrwertiger Alkohole, z. B. Ethylenglykol oder Glycerin, oder eine hochkonzentrierte wässrige Salzlösung aus biozid wirkenden hygroskopischen Salzen, z. B. Lithiumchlorid oder Kathene, ist. 55

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts

vor dem Membranabsorber (1) und/oder vor dem Regenerator (7) ein Wärmetauscher (6, 12) zur Temperierung der hygroskopischen Flüssigkeit vorhanden ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Membrankontaktor (1) eine Vielzahl von Hohlfaser umfasst, die innerhalb eines Strömungskanals (20) für die Zuluft angeordnet sind, wobei die Strömung im Lüftungskanal (20) unter einem Winkel kleiner 90°, insbesondere zwischen 30° und 60°, auf die Hohlfasern trifft.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Membrankontaktor (1) im wesentlichen den gesamten Querschnitt des Strömungskanals 29.11.00(20) überdeckt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

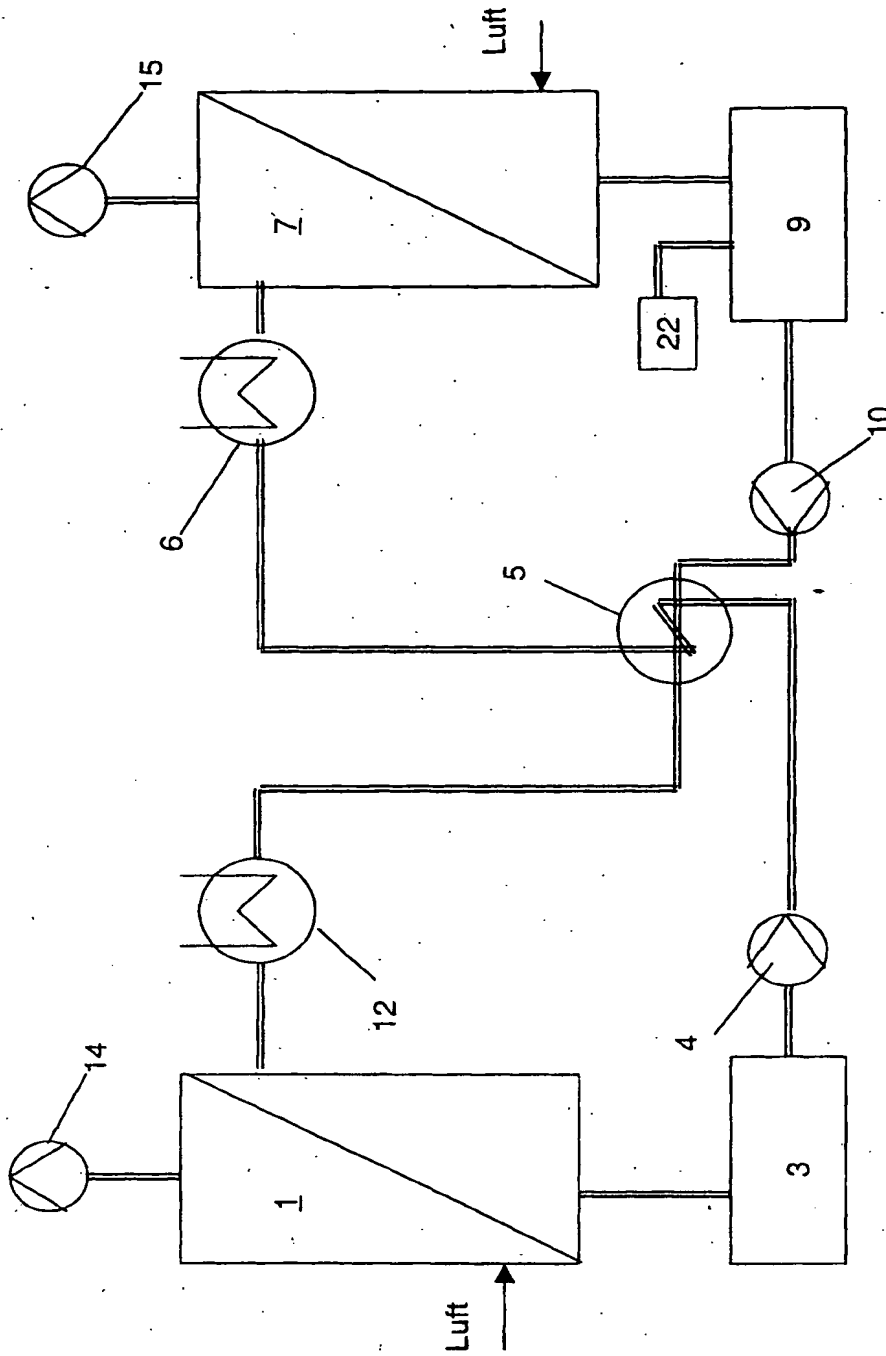


Fig. 1





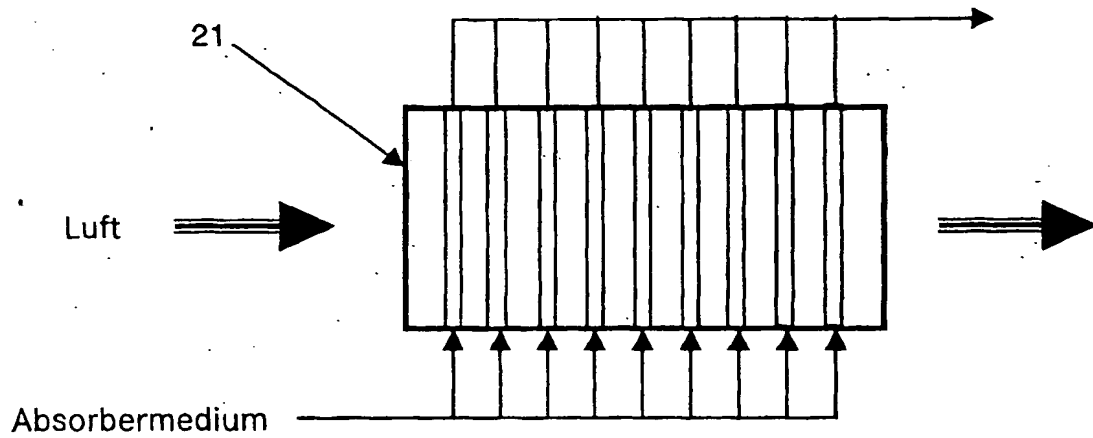


Fig. 3

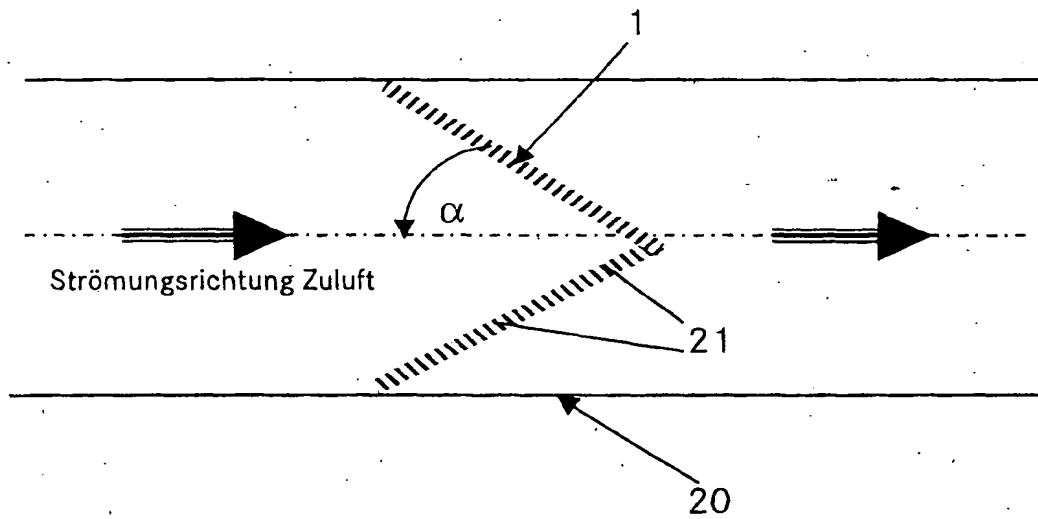


Fig. 4

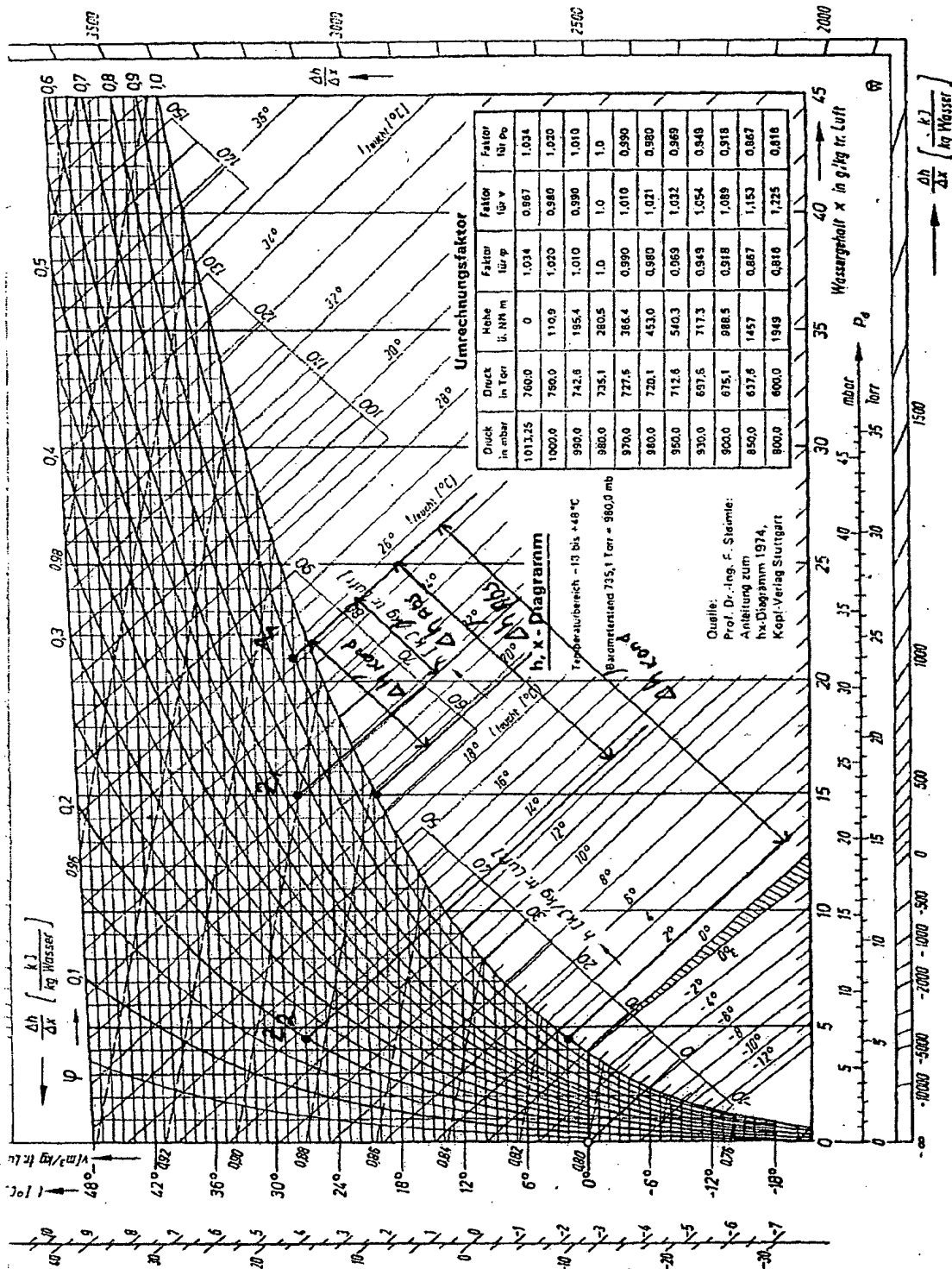


Fig. 5

## Device for continuously humidifying and dehumidifying additional air from manufacturing processes and ventilating and air condition systems

Patent number: DE10059910

Publication date: 2002-06-20

Inventor: RAPP KURT (DE); HESSE THOMAS (DE); WAGNER BURKHARD (DE)

Applicant: DORNIER GMBH (DE)

Classification:

- international: F24F3/14; B01D53/26; B01D53/22

- european: B01D53/26P; F24F3/14

Application number: DE20001059910 20001201

Priority number(s): DE20001059910 20001201

Also published as:



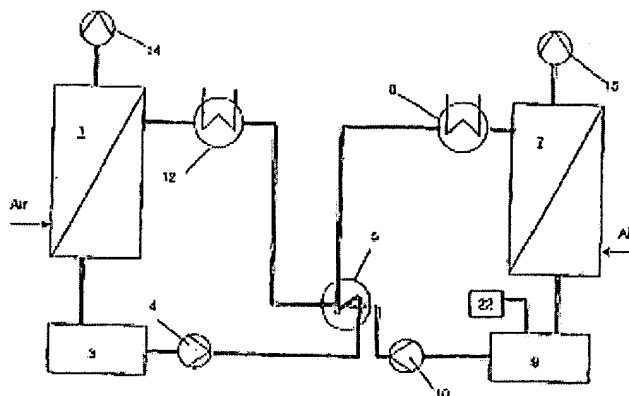
WO0244624 (A1)

US2004099140 (A1)

Abstract not available for DE10059910

Abstract of corresponding document: **US2004099140**

The invention relates to a device for continuously humidifying and dehumidifying additional air from manufacturing processes and ventilating and air conditioning systems. The inventive device is characterized by a membrane contactor (1) comprising a membrane. The additional air can be guided along one side of the membrane and a hygroscopic fluid can be guided along the other side of the membrane. A dosing device (22) is also provided in order to add water so that the water content of the hygroscopic fluid can be increased, in addition to a regenerator (7) enabling the water content of the hygroscopic fluid to be lowered. A control device connected to the dosing device (22) and the regenerator (7) controls the water content of the hygroscopic fluid in such a way that it is possible to switch between humidification and dehumidification irrespective of the partial pressure difference between the additional air and the hygroscopic fluid.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**